

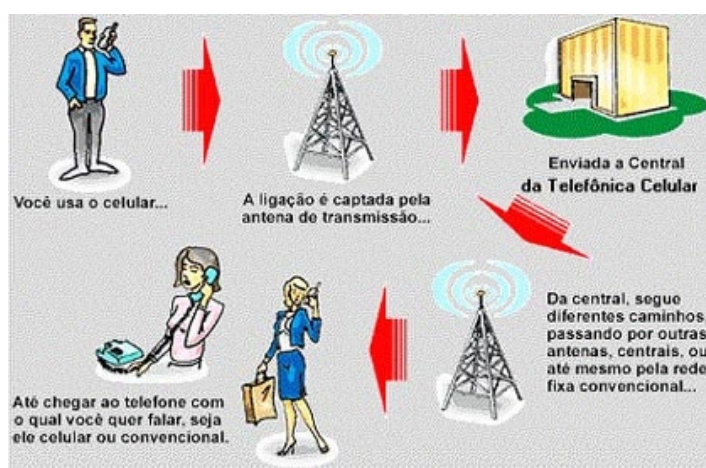
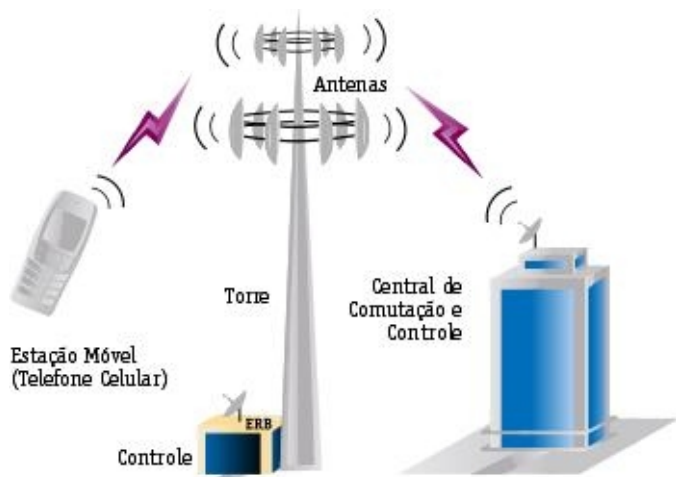
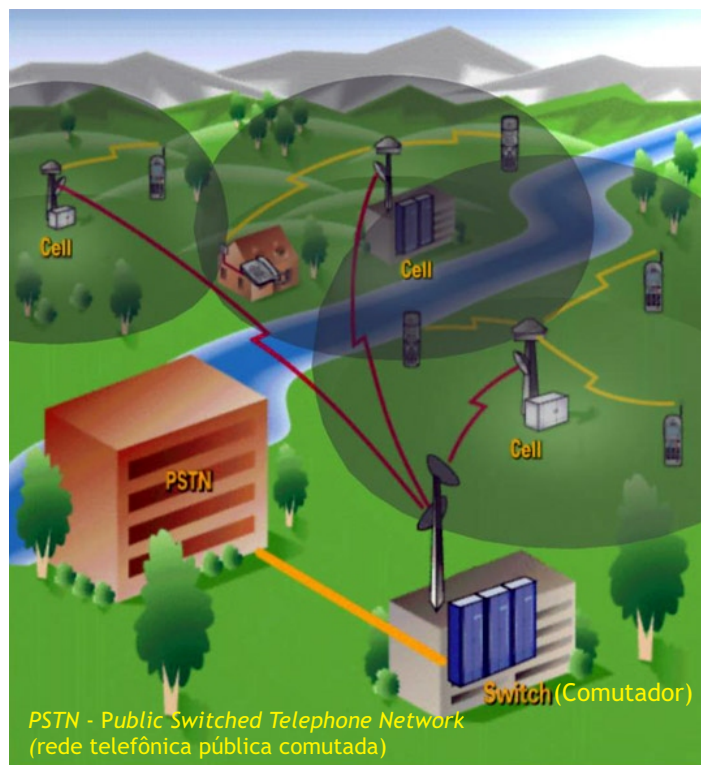
# Sistema Móvel Celular

## Célula

Em um sistema de telefonia móvel celular, a área de cobertura é dividida em células (cells), permitindo assim, que a potência transmitida seja menor e as frequências utilizadas nas células sejam reutilizadas.

Dá-se o nome de célula à área geográfica coberta por uma *Estação Rádio Base* (ERB), dentro da qual a comunicação de rádio (transmissão e recepção) atende às especificações do sistema. O telefone celular é um tipo de rádio.

As dimensões dessa área dependem de vários fatores como altura da torre de antenas (ERB), irregularidades do terreno, potência de transmissão e tipo das antenas.



A Central de Controle e Comutação - CCC comanda o sistema. Quando uma chamada é feita a CCC conecta os terminais de origem e destino da chamada através das ERBs. Se a chamada for entre celular e fixo, então a CCC conecta com a central de telefonia fixa e estabelece a chamada.

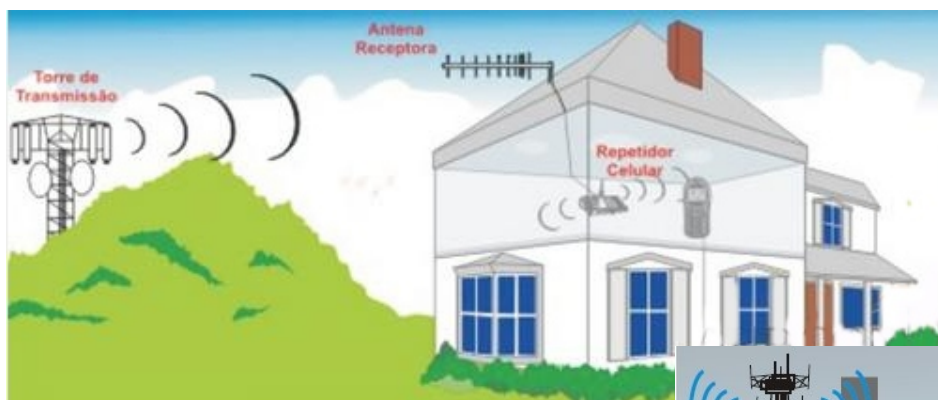
## Estação Rádio Base - ERB ou BTS (Base Transceiver Station) ou Site

ERBs são formadas por torres que contém antenas, rádios transceptores (transmissor e receptor no mesmo aparelho), interface com a CCC - Central de Comutação e Controle e outros componentes necessários ao seu funcionamento.

Cada ERB mantém o que se chama de um *enlace de rádio* (um link) com os telefones celulares dentro de sua área de abrangência e se conecta por outro enlace (via cabo, fibra ótica ou rádio) com a CCC.



Quando a ERB é instalada no solo, isto é, em terrenos, é chamada *Greenfield*, e quando é instalada no topo de edifícios é chamada *Roof top*. Em ambos os casos pode usar equipamentos *indoors* (dentro de compartimentos), que precisam de estrutura de climatização, e equipamentos *outdoors* (fora de compartimentos), que são projetadas para exposição ao ar livre.



*Zona de sombra* é como é chamada uma região dentro de uma área de cobertura que não recebe sinal devido a obstáculos. Para disponibilizar sinal na zona de sombra usam-se *antenas celulares repetidoras*.

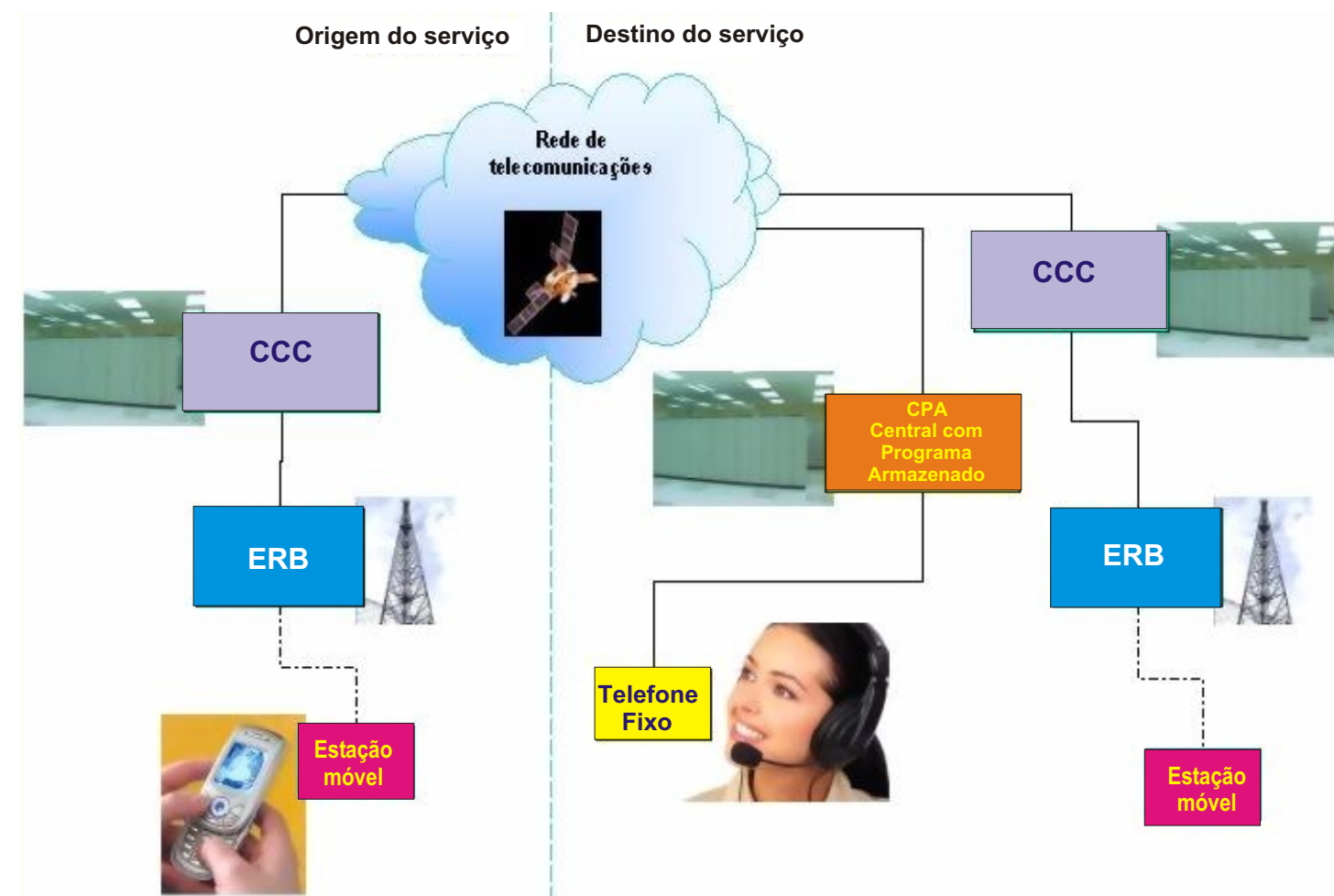


## Central de Comutação e Controle - CCC ou Mobile Services Switching Center (MSC)



É o cérebro do sistema! A Central de Comutação e Controle - CCC comumente é uma grande sala, repleta de armários com muitos circuitos eletrônicos que fazem... A comutação e o controle do sistema, conforme diz seu próprio nome. Estabelece e controla as chamadas entre celulares, através das ERBs, e destes com telefones fixos através da Rede Telefônica Pública Comutada, com a qual também é conectada.

A diferença principal entre uma CCC e uma central de comutação fixa é que a CCC tem que levar em consideração a mobilidade dos assinantes (locais ou visitantes), inclusive quando estes se movem de uma célula para outra.





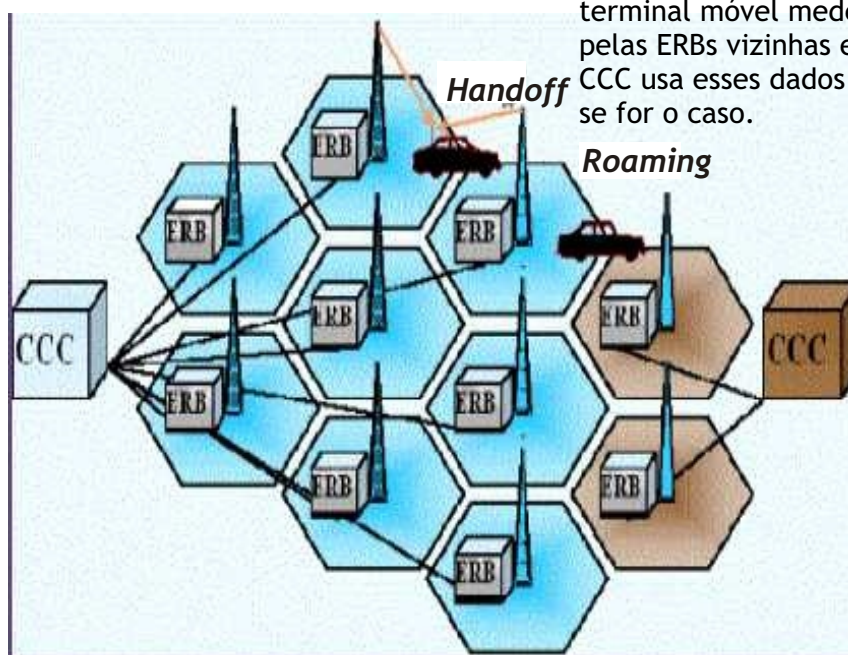
## Deslocamento de usuários

A área servida por uma CCC é denominada *área de serviço* e o assinante de uma determinada área de serviço é chamado *assinante local (home)*. É possível que um assinante desloque-se para uma outra área diferente daquela na qual ele está cadastrado. Nesse caso, o assinante é denominado *visitante (roamer)*.

### Handoff

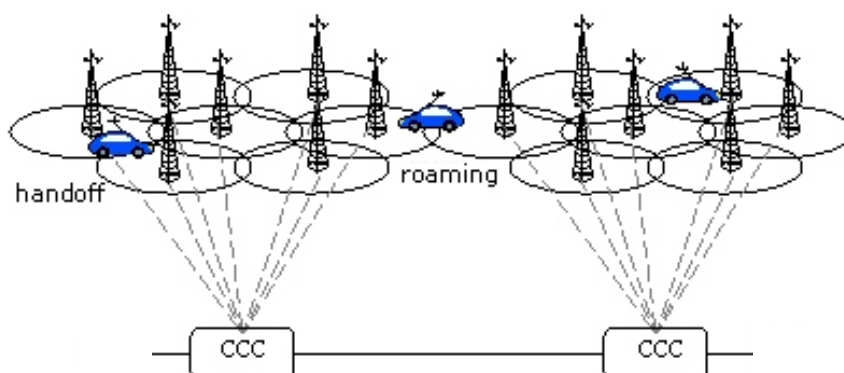
Quando um usuário em movimento atravessa de uma célula para outra dentro da mesma CCC, a CCC deve automaticamente transferir o usuário para um novo canal com uma frequência diferente na nova célula. Este processo é chamado de *handoff* e deve ser imperceptível ao usuário.

Nos sistemas digitais de segunda geração cada terminal móvel mede a potência recebida pelas ERBs vizinhas e as reporta à sua ERB. A CCC usa esses dados para realizar o handoff, se for o caso.



### Roaming

O conceito de *roaming* é dado quando um usuário entra em uma célula pertencente a uma CCC diferente de sua central domiciliar. A central visitada (CCC-V) deve informar a central do usuário que o mesmo não se encontra mais sob seu domínio. Desta forma, a CCC domiciliar do usuário deve registrar o fato e liberar o usuário para usar a central visitada normalmente como se fosse a sua central domiciliar.

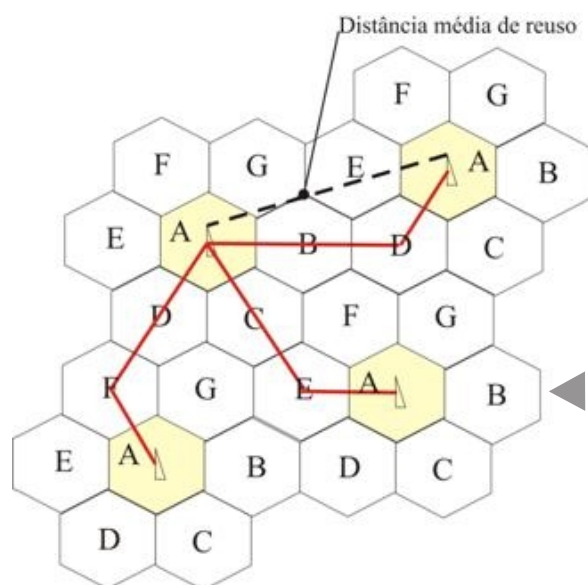


## Reuso de frequências e Divisão das células

### Expansão do sistema

#### Reuso de frequências

As células em uma mesma área de cobertura possuem diferentes frequências, a fim de que uma célula não cause interferência na outra. Porém, é possível reutilizar a frequência de uma célula em outra célula relativamente distante, desde que esta segunda célula não cause interferência na primeira.

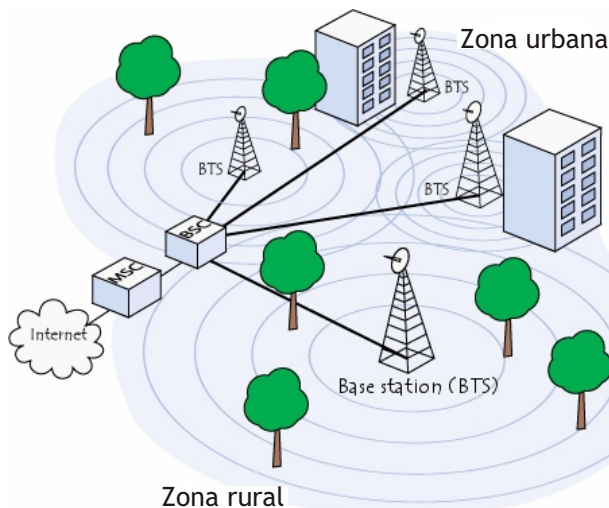
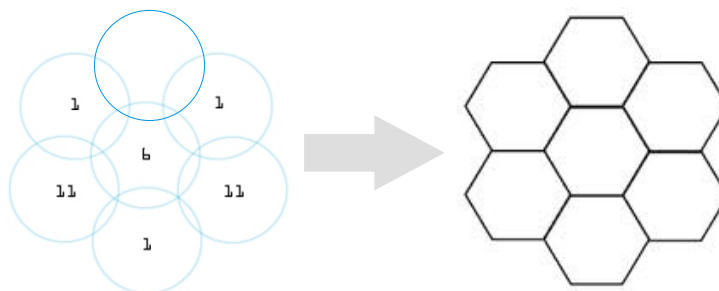


O reuso de frequências faz com que em uma dada área de cobertura existam várias células que utilizam o mesmo conjunto de frequências. Estas células são chamadas de *co-células* e a interferência entre sinais destas células é denominada de *interferência co-canal*.

O conceito de reutilização de frequência por grupos, onde as células com a mesma letra utilizam a mesma frequência. Por exemplo, se a frequência da célula "A" for de 872 Mhz, todas as outras co-células "A" terão essa frequência também, diferente das demais células à sua volta (B, C, D...G), que tem cada uma sua própria frequência. O formato hexagonal das células resulta da sobreposição entre elas, servindo como formato teórico para analisá-las.

#### Divisão de células

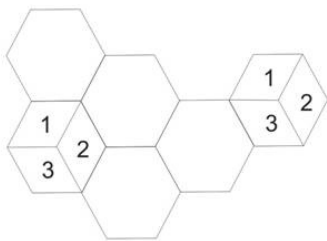
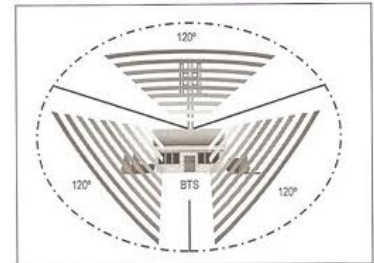
A área de uma célula é definida pela densidade de tráfego telefônico, tal que quanto maior o tráfego, menor será a célula projetada para esta região. Desta forma, áreas suburbanas ou rurais, terão células maiores que os centros urbanos. Independente do tamanho da célula, deve-se ter o cuidado de fazer o reuso das frequências nas células.



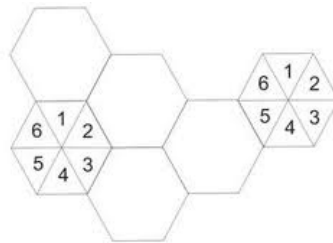
Existem duas soluções quando o tráfego de uma célula cresce: a *adição de novas células ou a setorização de uma célula*.

Para que novas células sejam adicionadas é reduzida a potência de uma célula já existente diminuindo-a aproximadamente à metade de sua área de cobertura original. Na área remanescente são instaladas novas torres e antenas criando uma nova célula, contudo este método possui altos custos.

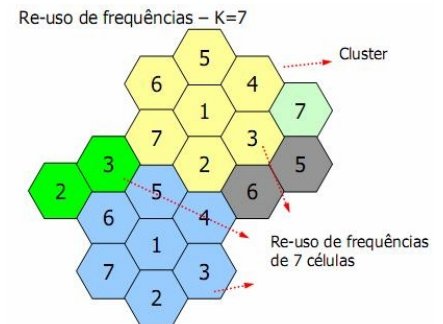
Na setorização de células as antenas omnidirecionais são substituídas por antenas direcionais, dividindo a célula em setores. Este método é mais econômico e mais usado pelas operadoras, uma vez que utiliza as estruturas já existentes. Se a célula for dividida em 3 setores de  $120^\circ$  cada, cada setor desse tem um conjunto de frequências distinto, o que faz de cada um uma nova célula, na verdade.



Cluster com célula setorizada em  $120^\circ$



Cluster com célula setorizada em  $60^\circ$



Clusters (grupos) de células são agrupamentos envolvendo várias células.

## Festival de exercícios

1. Gilnecélio está com um aparelho celular multimídia novinho que comprou numa liquidação em sua terra, Londrina - PR. Ele vai encontrar com seu amor em Ponta Grossa - PR para mostrar o novo brinquedinho. Durante o trajeto da viagem ocorrerá:

- (A) um handoff, uma vez que mudará de CCC.
- (B) mas se vai mudar de CCC então será um roaming!
- (C) uma mera mudança de células, umas maiores, outras menores.

2. Joycelene mora no centro urbano de Breu Branco - PA e sua prima Claudeline na zona rural de Arroio Grande - RS. Isso quer dizer que:

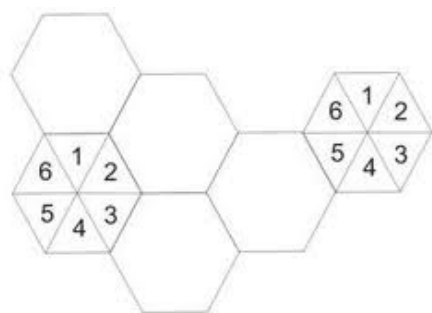
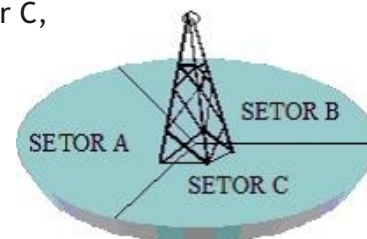
- (A) Joycelene está numa célula bem grande.
- (B) na verdade, todas as células da cidade dela são imensas, pois se trata de um centro urbano.
- (C) Claudeline está numa célula bem grande.

3. Voltemos ao Gilnecélio, que já está em Ponta Grossa - PR. Durante a sua viagem:

- (A) houve várias mudanças de canal, sempre na mesma frequência, a cada handoff.
- (B) vários handoffs, em canais diferentes, com frequências diferentes, sem que Gilnecélio tenha notado.

4. Melinha está no setor A da célula ao lado esperando Heurelho, que ligou dizendo que “está vindo”. Sua amiga da companhia telefônica a informa que ele estava no setor B da mesma célula há meia-hora, e que está na verdade se dirigindo ao setor C, onde também está Darleuza. O que está acontecendo?

- (A) Melinha está numa célula setorizada de 120°, num setor que tem canais (frequências) diferentes do setor de Heurelho.
- (B) o setor de Darleuza tem as mesmas frequências do setor de Melinha.
- (C) Gisluane também estava no setor B durante a última meia-hora, na mesma localização de Heurelho, porém em zona de sombra (de onde saiu essa tal de Gisluane?).



5. Coloque T para “Tá maneiro!” e P para “Pirou?”.

- ( ) as células que estão setorizadas ao lado formam 6 setores de 60° cada.
- ( ) os setores “1” destas células tem canais (frequências) diferentes.
- ( ) a célula adjacente ao setor “2” possui as mesmas frequências que ele.
- ( ) os setores “5” podem ter suas frequências reutilizadas porque possuem distância suficiente para evitar interferências.

6. Complete com a cola certa.

- A. A \_\_\_\_\_ comuta e controla o sistema móvel celular conectando os aparelhos celulares através de enlaces formados com as \_\_\_\_\_.
- B. Uma ERB tem uma torre equipada com \_\_\_\_\_, interface com a CCC e \_\_\_\_\_, entre outros.
- C. Células setorizadas usam antenas \_\_\_\_\_ em suas ERBs no lugar das anteriores \_\_\_\_\_.

As telecomunicações formam uma infraestrutura da mesma forma que a distribuição de energia elétrica e os transportes. Dá pra imaginar a sociedade de hoje sem comunicação? Já viu algum seriado de tv que não use algum recurso de telecomunicação (até naquela ilha doida de “Lost” improvisaram uns radinhos para poderem se falar)?

Pois bem, Copa do Mundo e Olimpíadas pela frente, o campo profissional de telecomunicações terá que se expandir muito. Não tem outro jeito! Quem quer fazer parte dele terá que se qualificar tecnicamente. Aliás a palavra de ordem no Brasil é qualificação, pois a mão-de-obra tem que ser especializada, senão não há desenvolvimento.

Faça cursos técnicos, na área que escolher, e se dedique, pois as portas do mercado de trabalho estão abertas para quem se especializa. Boa sorte!



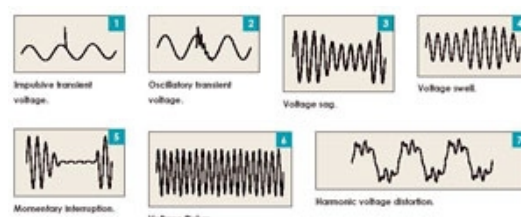
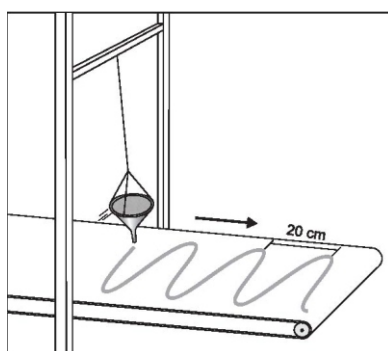


# Técnicas de Múltiplo Acesso

## Frequência e Canal

Vamos tratar agora de algo mais físico. Os nomes *frequência*, *canal*, *largura de banda*... Aparecem o tempo todo nas telecomunicações, portanto, vamos falar um pouco deles.

**Frequência** é o número de vezes que alguma coisa se repete num determinado intervalo de tempo. Sendo mais específico, observe este pêndulo em movimento (esse funil pendurado, indo pra lá e pra cá) deixando a marca do seu movimento na forma de algumas ondas. Cada vez que uma onda dessas começa e termina tem-se um ciclo formado. No desenho há 3 ciclos, ou 3 ondas, ou 3 oscilações. A frequência é medida em *Hertz (Hz)*, ou seja, 3 ciclos são 3 Hz.

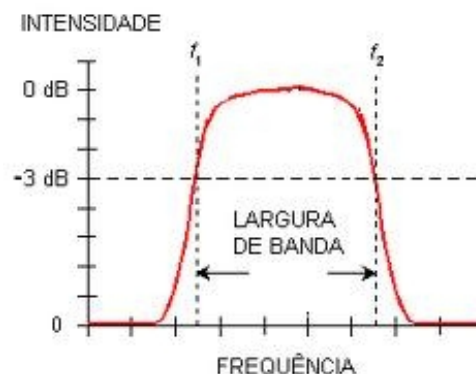


Mas as oscilações elétricas produzem ciclos rápidos demais e uma quantidade gigantesca deles, tais como estes de distúrbios elétricos.

**Canal** é o meio físico pelo qual passa um fluxo numa única direção. No canal hidráulico (cano) o fluxo é a água e flui em apenas uma direção. O canal telefônico fixo é aquele par de fios e o fluxo é elétrico. Na telefonia celular o canal é o enlace formado pelas antenas na atmosfera e o fluxo são ondas eletromagnéticas. Se são ondas, então são oscilações, portanto são frequências. Pelo canal telefônico são transmitidas frequências: milhares, milhões, bilhões delas! Cada canal tem um limite para permitir passar uma quantidade de frequência, e isso se chama **largura de banda** ou **banda passante**. Assim, um canal de 4 kHz significa que a largura de banda do canal permite passar 4 mil oscilações por segundo.

**Kilo Hertz (kHz)** são milhares de Hertz;  
**Mega Hertz (MHz)** são milhões de Hertz;  
**Giga Hertz (Ghz)** são bilhões de Hertz.

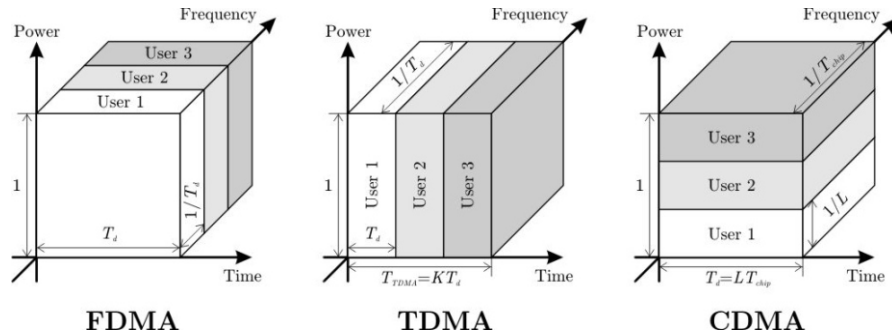
Falando de modo mais técnico, largura de banda (bandwidth) é a distância entre os limites superior ( $f_2$ ) e inferior ( $f_1$ ) de um sinal (composto por frequências) dentro de um canal.



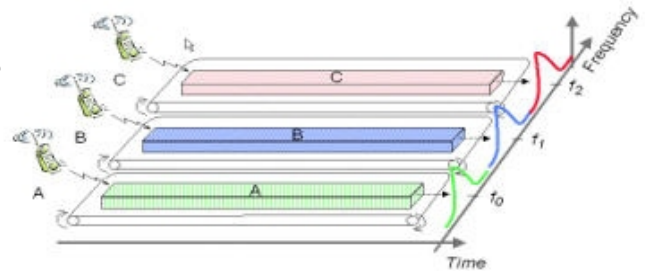


## FDMA, TDMA e CDMA

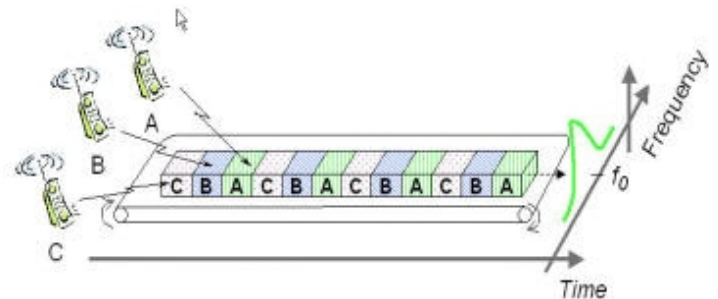
*Tecnologias usadas pelas redes de celulares para a transmissão de informações*



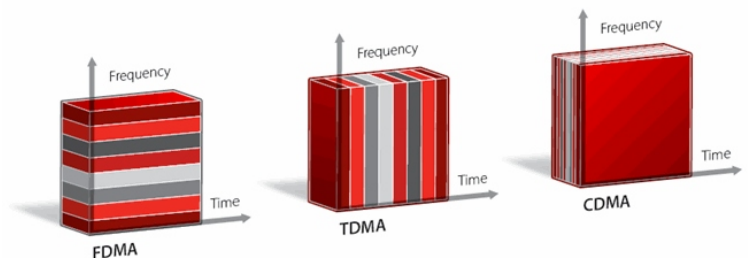
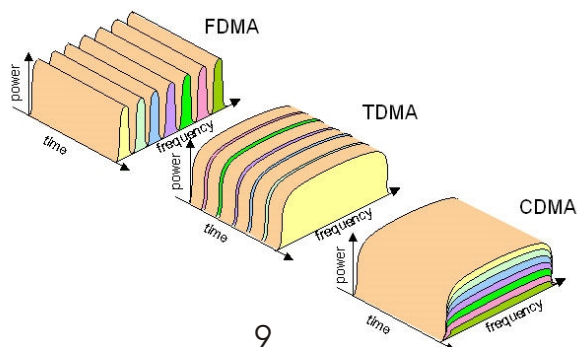
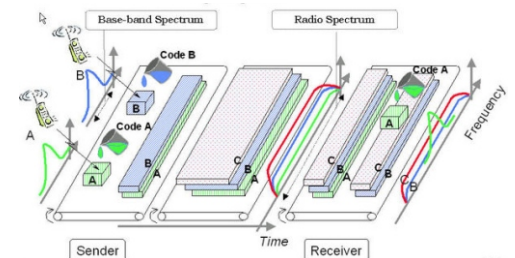
**FDMA** - Frequency Division Multiple Access (Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência). É um método de acesso ao canal que se baseia na divisão da banda de frequência em faixas de frequência relativamente estreitas, 30KHz cada, as quais são denominadas *canais* e que são alocadas exclusivamente a um usuário durante todo o tempo de sua conexão.



**TDMA** - Time Division Multiple Access (Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo). É um sistema que funciona dividindo um canal de frequência em intervalos de tempo distintos. Cada usuário ocupa um espaço de tempo específico na transmissão.

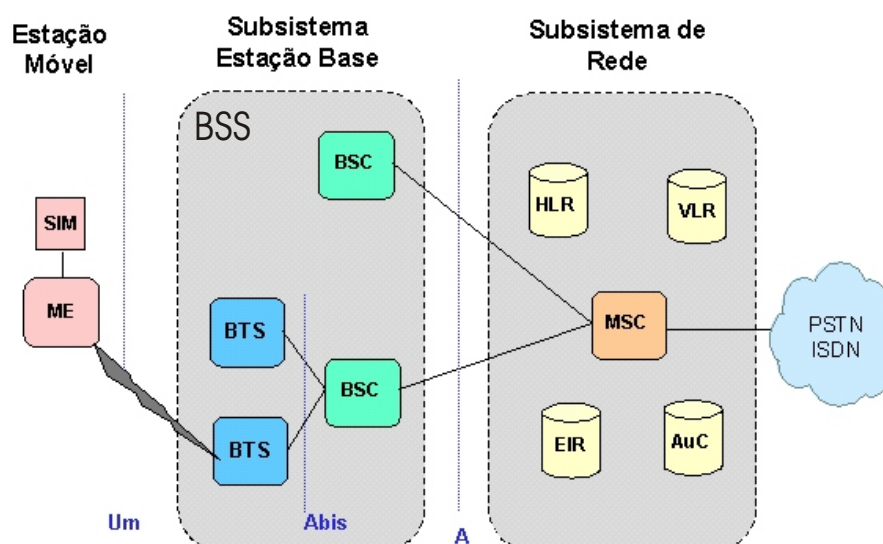


**CDMA** - Code Division Multiple Access (Acesso Múltiplo por Divisão de Código). Dá a cada chamada um código único que se espalha por todas as frequências disponíveis no sistema.



# GSM - Global System for Mobile Communications

## Sistema Global para Comunicações Móveis



Este é um sistema GSM. As estações móveis (ME) comunicam-se com o Sistema da Estação Base (BSS) que é formado por Estações Transceptoras Base (BTS) ou ERBs e um Controlador de Estação Base (BSC). O enlace do BSC à BTS é chamado de interface Abis. É comum de 20 a 30 BTS serem controladas por um BSC. Por sua vez, diversas BSS são subordinadas a uma Central de Comutação e Controle - CCC ou MSC, que controla o tráfego entre diversas células diferentes. Cada MSC tem um Registro de Localização de Visitante - VLR, no qual as unidades móveis que estiverem fora das células de sua área local serão listadas, de forma que a rede saiba onde encontrá-las. A MSC também é ligada ao Registro de Localização de Unidade Móvel Local - HLR, à Central de Autenticação - AUC e ao Registro de Identidade do Equipamento - EIR, de forma que o sistema possa verificar se os usuários e equipamentos são assinantes em situação legal. Isto ajuda a evitar o uso de unidades móveis roubadas ou fraudadas.

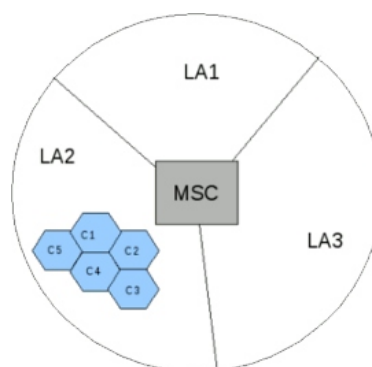
Há também instalações dentro do sistema para as organizações de Operações e Manutenção - OMC e de Gerenciamento da Rede - NMC. A MSC possui ainda uma interface para outras redes, como as Redes Privadas Fixas de Telefonia Móvel - PLMN, Redes Públicas de Telefonia Comutada - RPTC e redes RDSI.

## Estrutura Geográfica da Rede

### Área de Localização (Location Area - LA)

Por se tratar de uma rede móvel, o GSM precisa ter uma arquitetura bem definida para a localização de usuários. Por isso a organização estrutural é dividida por hierarquia.

Uma LA (*Location Area*) é um conjunto de células em um determinado setor dentro da rede. Uma operadora GSM pode possuir várias LAs em sua rede e cada uma delas recebe uma identificação chamada de LAC (*Location Area Code*). 10



### Área de Serviço da MSC

As LAs são controladas por uma MSC (*Mobile Switching Center*). Uma operadora pode ter várias MSCs em sua rede dependendo do tamanho da cobertura. Uma MSC controla uma ou mais LAs. Todas as informações sobre os usuários presentes em determinada LA são enviadas para a MSC.

## Rede PLMN

Uma PLMN (*Public Land Mobile Network*) é um conjunto de LA s, ou seja, é a área total de cobertura da operadora. Cada operadora possui uma PLMN. Desta forma, pode-se entender que o termo rede PLMN refere-se à rede móvel (ou celular) de uma operadora.

## Rede GSM

É o conjunto de PLMNs espalhadas no mundo, ou seja, é a área total no Globo onde existe cobertura GSM. Desta forma, pode-se dizer que todas as PLMNs juntas formam a rede GSM.

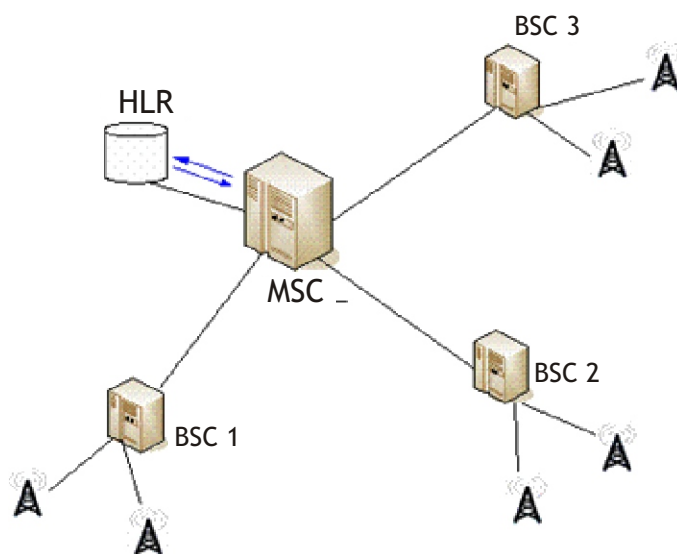
## Home Location Register (HLR)

O HLR é a base de dados de assinantes na rede. Nele estão armazenadas informações como número do assinante (MSISDN), identificação do assinante na rede (IMSI), tipo de plano assinado pelo usuário e serviços suplementares do assinante.

A ativação e a desativação de serviços é feita no HLR. Isso significa que a operadora GSM usa o HLR para ativar e desativar os serviços fornecidos aos seus usuários.

Para o assinante se registrar na rede, o HLR é consultado para verificar se o assinante tem ou não permissão para usar os serviços oferecidos pela operadora.

A MSC mantém um canal de sinalização com o HLR para verificação e identificação do usuário.



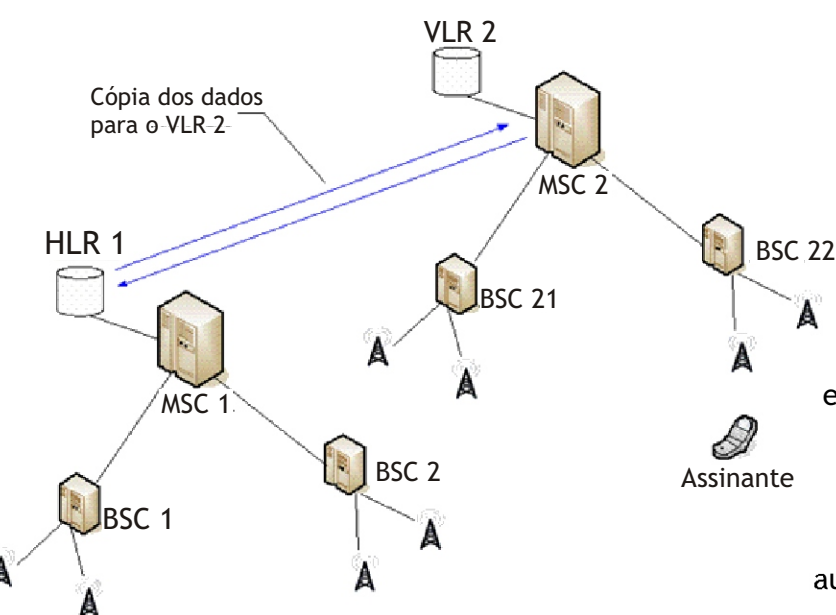
## Visitor Location Register (VLR)

O VLR é uma base de dados temporária de usuários visitantes, sendo geralmente montada no mesmo equipamento da Central (MSC). No entanto, dependendo do tamanho da rede e número de assinantes, pode também ser alocada em um equipamento dedicado.

Entende-se por visitante todo assinante que não está registrado na MSC responsável por aquela área. Isso pode ocorrer também dentro de uma mesma rede (dentro da mesma PLMN), isso se a operadora possuir mais de uma MSC.

Nesse caso, pode-se imaginar o seguinte cenário: um usuário da operadora X está registrado na MSC1 e, portanto, seus dados estão armazenados no HLR1. Se ele estiver em Roaming (visita) na área da MSC2 dessa mesma operadora, para que ele possa se conectar à rede, o VLR2 da MSC2 precisa ter suas informações.

Então, a MSC2 solicita uma cópia dos dados desse usuário para o HLR1 e grava no VLR2, a fim de poder autorizar a conexão desse usuário. Assim que o usuário sair da área de cobertura da MSC2, esta irá apagar seus dados no VLR2.





## Segurança

### Authentication Center (AUC)

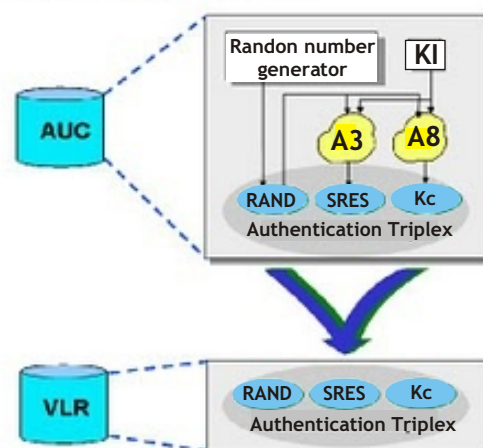
A AUC é o nó de rede que cuida da segurança para os assinantes, sendo responsável por autenticar os usuários da rede a fim de prevenir fraudes como a clonagem. Seu sistema de autenticação é simples e eficaz, utilizando chaves e algoritmos de autenticação.

O pacote usado para a autenticação do assinante é chamado de Triplex. O triplex é gerado na AUC utilizando o IMSI do usuário.

A AUC possui um gerador RAND (gerador randômico), que é parte integrante das informações que completam o Triplex. O RAND é gerado e utilizado juntamente com o IMSI e a Chave de Autenticação Ki para gerar o SRES (Signed Response). Essas três informações RAND, IMSI e a Chave Ki passam pelo algoritmo de autenticação A3 e formam o SRES.

A mesma coisa é feita com o algoritmo A8 para gerar a Chave Kc. As três informações geradas RAND, SRES e Kc formam o Triplex. A estação móvel (celular) faz a mesma coisa no SIM card e envia o Triplex para a AUC. Os dois Triplex gerados são comparados e, se forem iguais, a autenticação está completa e o usuário poderá se conectar a rede.

### Algorithm A3, A5, A8



### Equipment Identity Register (EIR)

O EIR é a Base de dados que armazena o IMEI. O IMEI é o numero de série da estação móvel (celular), gerado na fábrica do hardware. Esse IMEI é enviado para a operadora assim que o usuário adquire o aparelho na loja.

O IMEI é basicamente utilizado para a segurança contra furto do aparelho móvel. Isso significa que nenhum individuo que não seja o comprador do aparelho possa utilizá-lo, uma vez que o IMSI é atrelado ao IMEI.

Assim, nenhum outro SIM card que não seja o original será aceito na operadora, fazendo com que o aparelho seja bloqueado.

### Gateway Mobile Switching Center (GMSC)

O GMSC é o portão de entrada e saída para outras redes. É através dele que a operadora se comunica com outras redes, sejam elas redes móveis (PLMN) ou redes fixas (PSTN).

Um usuário que esteja em Roaming em outra rede poderá se comunicar com a sua rede Home ou rede de origem através do GMSC.

O GMSC tem a função de obter informações do HLR sobre usuários presentes na rede para assim poder re-rotear as chamadas.

## Registro

Quando o assinante desliga o celular a central recebe uma mensagem de detached (desligado) para saber que aquele usuário não pode receber novas chamadas. Assim que o celular for ligado novamente pelo assinante, o terminal celular precisará fazer um registro na central (MSC) para atualizar sua localização e poder utilizar os serviços oferecidos pela operadora.

Uma mensagem com as informações de assinante é então enviada para a central que, por sua vez, irá atualizar seus dados no VLR.

## Location Update

O sistema precisa saber onde os assinantes estão localizados (qual célula). Para isso o celular do usuário (assinante) precisa atualizar a rede sempre que se mover. Ele envia uma mensagem de update (atualização) com as informações de assinante para a central, que, desta forma, atualiza seus dados de localização no VLR.

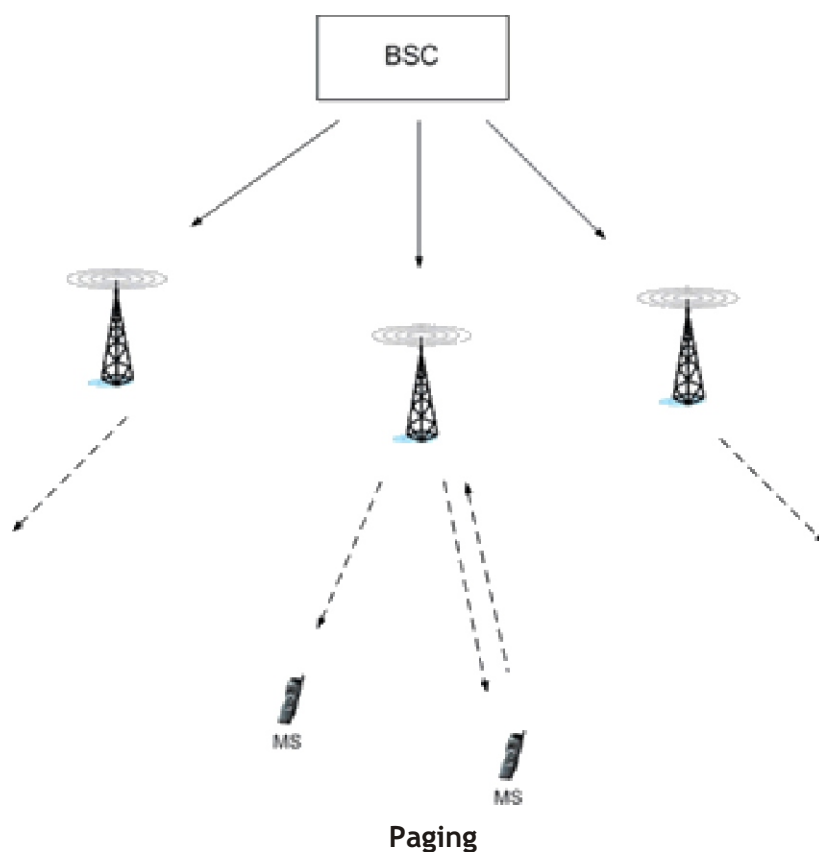
## Paging

Outra situação é quando o sistema não sabe onde se encontra um determinado usuário. Para localizá-lo, a rede utilizará o recurso de Paging.

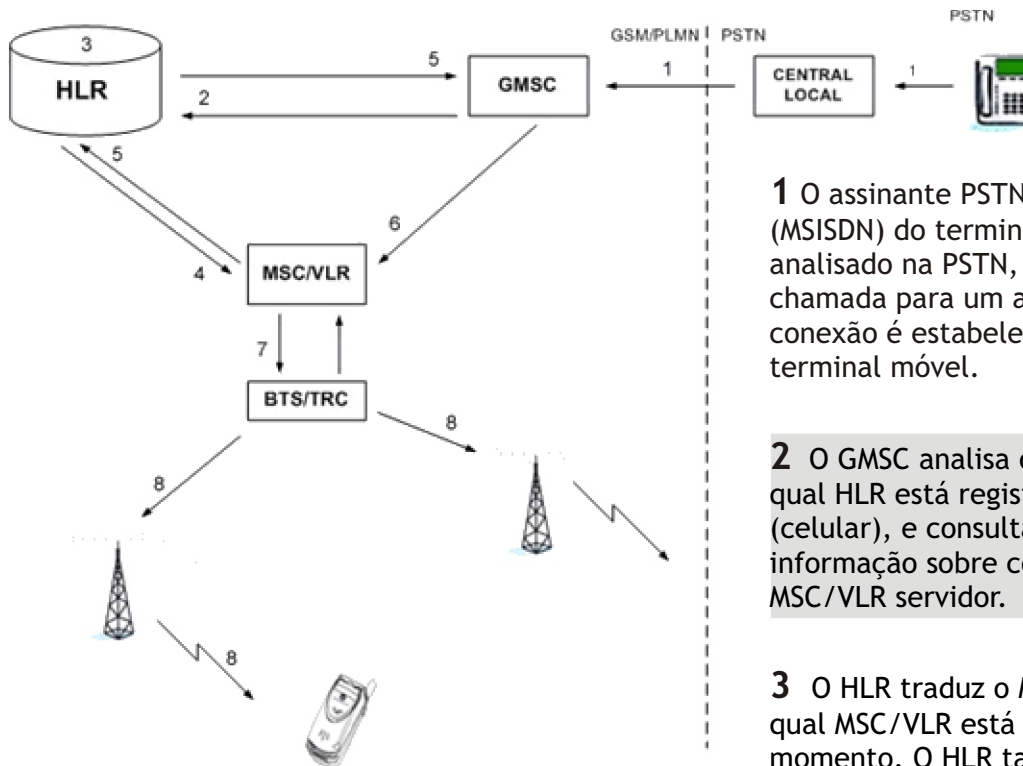
Ela enviará uma mensagem de Paging para a BSC controladora da ultima área informada por esse assinante. Assim, a BSC irá enviar mensagens de Paging para todos os terminais móveis (celulares) localizados naquela área no momento.

Utilizando o IMSI do assinante, a BSC irá perguntar a todos os terminais móveis (celulares) qual deles possui o IMSI em questão. O terminal móvel (celular) que responder é o procurado.

O Paging é usado também quando um terminal móvel (celular) recebe uma chamada. A BSC então envia o Paging para poder alocar um canal de controle.



## Chamada telefônica da rede fixa (PSTN) para a rede móvel (PLMN)



**1** O assinante PSTN tecla o número de telefone (MSISDN) do terminal móvel (celular). O MSISDN é analisado na PSTN, que identifica que esta é uma chamada para um assinante da rede celular. Uma conexão é estabelecida para o GMSC de origem do terminal móvel.

**2** O GMSC analisa o MSISDN para determinar em qual HLR está registrado o terminal móvel (celular), e consulta o HLR para obter a informação sobre como rotear a chamada para o MSC/VLR servidor.

**3** O HLR traduz o MSISDN para IMSI, e determina qual MSC/VLR está servindo a MS (celular) no momento. O HLR também verifica se o serviço “Direcionamento de chamada para o número de C” foi ativado. Nesse caso, a chamada é roteada pelo GMSC para aquele número.

**4** O HLR requisita um GT (Global Title) do MSC/VLR servidor.

**5** O MSC/VLR retorna um GT via HLR ao GMSC.

**6** O GMSC analisa o GT e roteia a chamada para o MSC/VLR.

**7** O MSC/VLR sabe qual LA (área de localização) a MS (celular) está localizada. Uma mensagem de paging é enviada ao BSC que está controlando a LA.

**8** O BSC distribui a mensagem de paging para a BTS na LA desejada. A BTS transmite a mensagem através da interface de ar, para encontrar o terminal móvel (celular).

**9** Quando o terminal móvel (celular) detecta a mensagem de paging, ele envia uma requisição de canal de controle.

**10** O BSC provê o canal.

**11** O canal de controle é usado para os procedimentos de estabelecimento de chamada. Através do canal de controle ocorre toda a sinalização precedente a uma chamada. Isso inclui:

- Marcação do móvel como “ativo” no VLR;
- O procedimento de autenticação;
- Início de cifragem;
- Identificação do equipamento.

**12** O MSC/VLR instrui o BSC para alocar um canal de tráfego livre. A BTS e o terminal móvel (celular) são sintonizadas no canal de tráfego. O telefone móvel (celular) toca. Se o assinante atende, a conexão é estabelecida.



O GSM combina as técnicas de FDMA e TDMA vistas na página 9. O sistema GSM 900 utiliza dois conjuntos de frequências na banda dos 900 MHz: o primeiro nos 890-915MHz, utilizado para as transmissões do terminal, e o segundo nos 935-960MHz, para as transmissões da rede.

O método utilizado pelo GSM para gerir as frequências é uma combinação de duas tecnologias: o TDMA (*Time Division Multiple Access*) e o FDMA (*Frequency Division Multiple Access*). O FDMA divide os 25 MHz disponíveis de frequência em 124 canais com uma largura de 200 kHz e uma capacidade de transmissão de dados na ordem dos 270 Kbps. Uma ou mais destas frequências é atribuída a cada estação-base e dividida novamente, em termos de tempo, utilizando o TDMA, em oito espaços de tempo (*timeslots*). O terminal utiliza um *timeslot* para recepção e outro para emissão. Eles encontram-se separados temporalmente para que o celular não receba e transmita ao mesmo tempo.

## ***Festival de exercícios***

7. Cruécio está em Curralinho - PI, sua cidade, quando liga para sua operadora para fazer uma reclamação: “- toda vez que eu vou para Pirapora surge uma mensagem dizendo que não é possível localizar os meus dados para efetivar a chamada, mas o curioso é que é sempre possível efetivar a cobrança da minha conta. Quero saber o que está acontecendo?” A atendente resolve o problema (acredite, ela resolveu!) e anota um relatório no sistema:

(A) houve alguma falha no enlace da MSC de Pirapora com a de Curralinho não permitindo a leitura dos dados do senhor Cruécio na respectiva VLR.

(B) a HLR de Curralinho ficou temporariamente fora do ar impedindo a cópia dos dados do senhor Cruécio para a VLR de Pirapora, e por isso ele não conseguia efetuar as suas chamadas.

(C) os enlaces com as BTS ficaram desativados por um período impedindo que as mesmas atualizassem os dados do senhor Cruécio.

8. Emiriane ganhou de sua Tia Pingucina um aparelho celular GSM, porém descobriu que está bloqueado. O que faz com que ele esteja bloqueado?

(A) o Triplex do SIM card foi enviado para o IMEI.

(B) o IMSI não está compatível com o IMEI.

(C) o EIR não fez a leitura correta do algoritmo A8.

9. Numa chamada de fixo para celular, o que acontece se o HLR não estiver disponível?

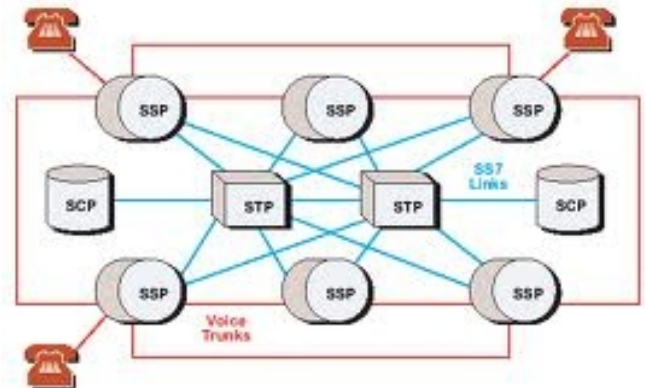
(A) o MSISDN não pode ser reconhecido como número de assinante da rede celular.

(B) o GMSC não pode ser encontrada.

(C) a MSC não pode ser encontrada para rotear a chamada.

## Sistema de Sinalização número 7 - SS#7

A rede Sistema de Sinalização 7 (SS7) é uma rede digital dedicada usada para inicialização e controle de chamadas. Cada ponto de sinalização na rede SS7 é unicamente identificado por código numérico de ponto. Códigos de ponto são carregados em mensagens de sinalização trocados entre pontos de sinalização para identificar a fonte e o destino de cada mensagem. O ponto de sinalização utiliza uma tabela de roteamento para selecionar o caminho apropriado para cada mensagem.



Existem 3 tipos de pontos de sinalização nas redes SS#7:

- Pontos de serviço de comutação (SSPs);
- Pontos de transgerência de sinal (STPs);
- Pontos de controle de serviço (SCPs).

Os SSPs são originalmente comutadores que originam, terminam ou enfileiram chamadas. Um SSP envia mensagens de inicialização de chamadas para outras SSPs. Uma SSP pode enviar uma mensagem para uma base de dados centralizada (SCP) para determinar como rotear uma chamada (ex. Chamada (0800) *toll-free*). Uma SCP envia uma resposta para a SSP originadora contendo os números de roteamento associados ao número discado. Um número de roteamento alternativo pode ser usado pela SSP caso o número primário esteja ocupado, ou não haja resposta dentro de um período de tempo limitado. As possibilidades para as chamadas vão variar de rede para rede e de serviço para serviço.

O tráfego de rede entre os pontos de sinalização podem ser roteados através de uma STP. Uma STP roteia cada mensagem que chega para um enlace de sinalização de saída, baseado na informação de roteamento contida na mensagem SS7. Devido ao fato de atuar como um concentrador de rede, uma STP pode fornecer melhor utilização da rede SS#7.

SCPs e STPs são geralmente implantadas em pares para assegurar que o serviço na rede permaneça em funcionamento, mesmo que ocorra um evento de falha por isolamento. Enlaces entre pontos de sinalização são fornecidos também em pares. O tráfego é dividido por todos os enlaces do conjunto. O protocolo SS7 fornece tanto correção de erro quanto retransmissão para permitir a continuidade do serviço na ocorrência de falha nos enlaces dos pontos de sinalização.

O tráfego de voz é carregado nos circuitos de voz. O tráfego SS7 é enviado em enlaces de sinalização bidirecionais a taxa de 56 kb/s ou 64 kb/s. Devido a separação das redes de sinalização e voz, a sinalização pode ocorrer durante uma chamada sem afetar o tráfego de voz. Isto é chamado *sinalização fora de banda*.

O SS7 é um padrão internacional definido pelo ITU-T.

# GPRS - General Packet Radio Service

## Serviço de Rádio de Pacote Geral

### Tecnologia GPRS

Com a evolução da internet, os usuários de telefones móveis não ficariam satisfeitos apenas com a telefonia celular. Querem também passar e-mails, receber informações, e outros serviços oferecidos pela internet. Querem, em suma, acessar a internet através do celular.

O problema é que a segunda geração de celulares preparou-se para oferecer telefonia digital, mas não para acessar à internet. A internet transporta dados por pacotes, através do protocolo IP e para que a rede móvel seja adaptada à internet, é preciso que os dados sejam organizados também em pacotes.

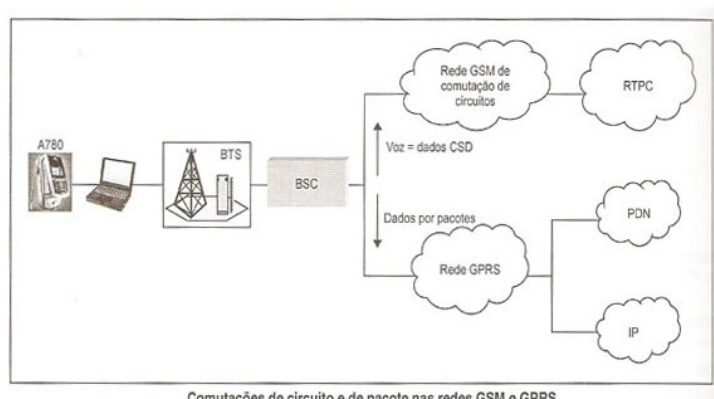
Foi criada então a tecnologia GPRS (*General Packet Radio Services*), cuja essência é possibilitar o tráfego de dados por pacotes para que a rede de telefonia celular possa ser integrada à internet. O sistema GSM com o GPRS integrado recebeu o nome de geração 2.5G, que foi uma evolução essencial nas telecomunicações.

### Comutação de circuitos X comutação de pacotes

A comunicação através de comutação de circuitos é feita basicamente da seguinte forma: uma conexão entre as duas entidades comunicantes é alocada, de forma a estar sempre disponível; a comunicação é feita, então, de forma ininterrupta.

A comunicação por comutação de pacotes é diferente: a origem envia uma informação para a rede dentro de um pacote, que leva o endereço de destino no seu cabeçalho. O pacote é então transmitido pela rede, que é responsável por escolher o melhor caminho até o destino.

A internet é baseada na comutação de pacotes, enquanto o sistema GSM foi inicialmente estruturado na forma de comutação de circuitos. A rede GPRS tem o objetivo de se comunicar por comutação de pacotes com a rede GSM. Os outros componentes da rede GSM, implementados na geração 2G, continuaram utilizando a comutação de circuitos.



Comutações de circuito e de pacote nas redes GSM e GPRS.

Com o GPRS, a informação é dividida em "pacotes" relacionados entre si antes de ser transmitida e remontada no destinatário. A comutação de pacotes é semelhante a um jogo de quebra-cabeças: a imagem que o quebra-cabeças representa é dividida em pequenas peças pelo fabricante e colocada em um saco plástico. Durante o transporte do quebra-cabeças entre a fábrica e o comprador, as peças são misturadas. Quando o comprador do jogo retira as peças da embalagem ele as remonta, formando a imagem original. Todas as peças são relacionadas entre si e se encaixam, mas a forma como são transportadas e remontadas varia. A Internet é um outro exemplo de rede de dados baseada em comutação de pacotes.



## Arquitetura GPRS

A arquitetura GPRS utiliza toda a estrutura já montada na rede GSM, incluindo-se novos elementos de rede e interfaces, além de modificar alguns já existentes. As principais modificações foram:

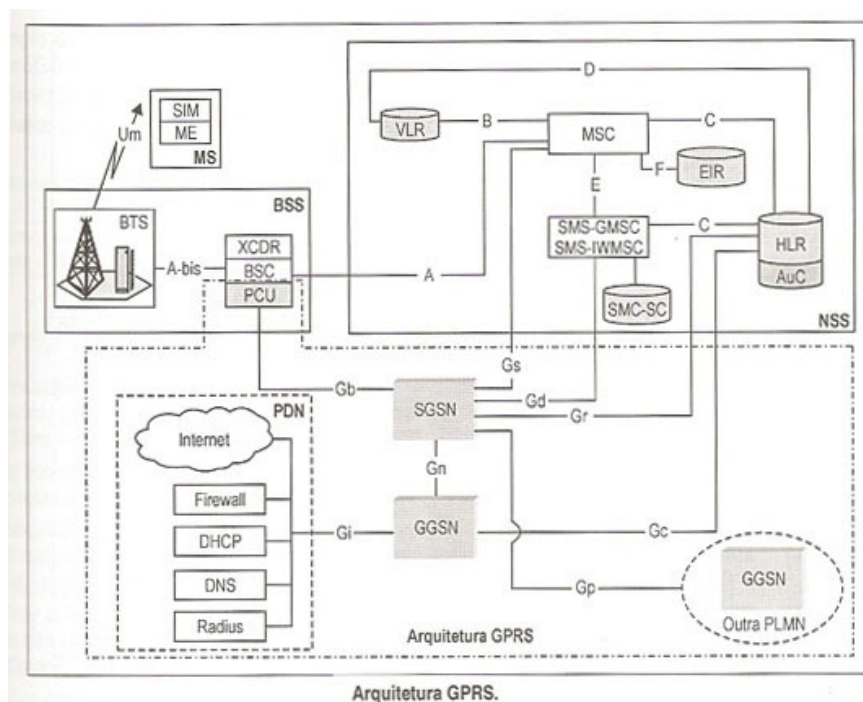
**MS** : as MSs da geração 2G não conseguem acessar o sistema de comutação por pacotes. As novas MSs são totalmente compatíveis com o sistema de comutação de circuitos;

**BTS** : Atualização de software nas BTSs existentes;

**BSC** : Atualização de software e instalação de hardware novo, chamado PCU (*Packet Control Unit* - unidade de controle de pacote), que direciona o tráfego de dados para a rede GPRS;

**SGSN e GGSN** : novos elementos de rede, chamados servidor do nó de suporte GPRS (*Serving GPRS Support Node* - SGSN) e Gateway do nó de suporte GPRS (*Gateway GPRS Support Node* - GGSN);

**VLR, HLR, AuC, EIR** e demais bases de dados : atualização do software que forneça as funções do GPRS.



### Unidade de controle de pacote (*Packet Control Unit* - PCU)

Todos os BSCs exigem a instalação de um PCU para se integrarem à rede GPRS. Os PCUs organizam os dados vindos da BSC em pacotes e transportam-no até o servidor do nó de suporte GPRS (SGSN). O tráfego de voz continua sendo tratado como na geração 2G, ou seja, do BSS até a MSC.

### Servidor do nó de suporte GPRS (*Serving GPRS Support Node* - SGSN)

Tal como a MSC era o coração de uma rede GSM, o SGSN é o coração da rede GPRS. Em última análise, o advento do GPRS dividiu o tráfego de voz e dados (que era junto, no sistema GSM) em tráfego de voz, que continua sendo tratado como antes, e tráfego de dados, tratado pela nova arquitetura GPRS.

## ***Festival de exercícios***

10. Porque o GPRS foi criado?
11. Quanto a comutação, como se diferenciam GSM e GPRS?
12. O GPRS usa a mesma estrutura do GSM e faz algumas implementações. Qual o componente que faz com que os dados sejam encaminhados pelo GPRS?
13. Como passou a ser tratado o tráfego de voz na rede GSM/GPRS?
14. O que fazem os PCUs no GPRS?
15. Quais os componentes GSM passaram por atualização de software para viabilizar os serviços GPRS?
16. Para que é usada a SS#7?
17. O que é a sinalização fora de banda?

# UMTS - Universal Mobile Telecommunications System

## Sistema de Telecomunicações Móvel Universal

### IMT-2000

O projeto IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) da UIT definiu os requisitos de um sistema celular de 3ª Geração como sendo:

- Altas taxas de dados: 144 kbit/s em todos os ambientes e 2 Mbit/s em ambientes "indoor" e de baixa mobilidade.
- Transmissão de dados simétrica e assimétrica.
- Serviços baseados em comutação de circuitos e comutação de pacotes.
- Qualidade de voz comparável à da telefonia fixa.
- Melhor eficiência espectral
- Vários serviços simultâneos para usuários finais, para serviços multimídia.
- Incorporação suave dos sistemas celulares de 2º geração.
- Roaming global.
- Arquitetura aberta para a rápida introdução de novos serviços e tecnologias.

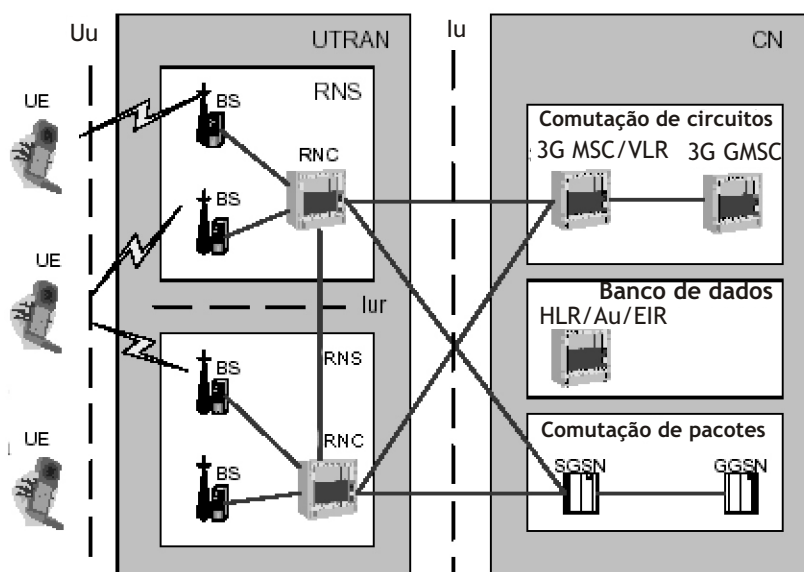
### UMTS

O Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) é o termo adotado para designar o padrão de 3ª Geração estabelecido como evolução para operadoras de GSM e que utiliza como interface rádio o WCDMA ou o EDGE.

### CDMA2000

O cdma2000 é o padrão de 3ª Geração de sistemas celulares baseados no IS-95.

## Arquitetura UMTS



**UE** - User Equipment, ou equipamento do usuário. É o terminal móvel e seu módulo de identidade de serviços do usuário (USIM) equivalente ao SIM card dos terminais GSM.

**UTRAN** - UMTS Terrestrial Rádio Access Network, ou rede terrestre de acesso rádio do UMTS baseada no Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA).

**CN** - Core Network ou núcleo da rede que suporta serviços baseados em comutação de circuitos e comutação de pacotes.

**Uu** e **Iu** são as interfaces entre estas entidades.

**RNS**: Radio Network Subsystem

**RNC**: Radio Network controller

**Iur**: é a interface entre dois RNS



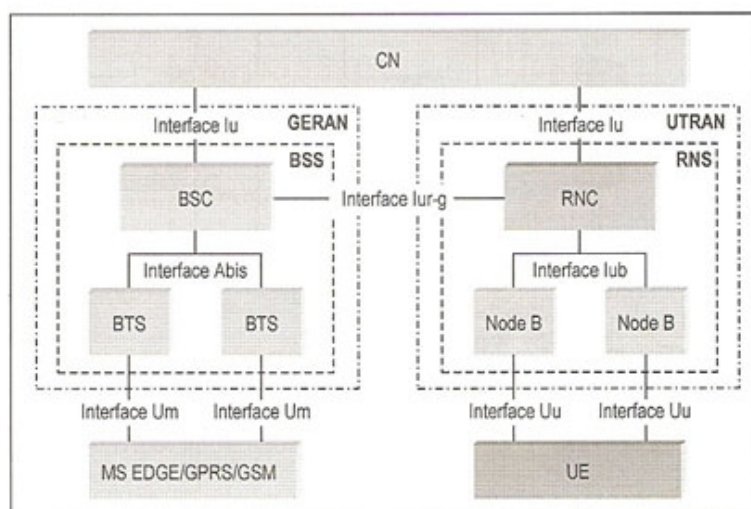
A arquitetura UMTS utiliza a mesma rede de suporte dos sistemas GPRS e EDGE, o que consiste numa estratégia de migração muito interessante, de fácil implementação.

A principal diferença entre esses sistemas está nos protocolos e interfaces da interface aérea.

## Arquitetura UTRAN

A arquitetura UTRAN é formada por subsistemas de rede de RF (*Radio Network Subsystem - RNS*), conectados à rede de suporte (CN). Essa conexão é feita pela interface Iu.

Os subsistemas RNS integram os canais de RF UMTS à rede. Para implementar isso, existe a rede de suporte (CN). O subsistema RNS é formado por dois elementos:



Conexão modo Iu entre UTRAN e GERAN.

- **Controlador da rede de RF (Radio Network Controller - RNC):** responsável por gerenciar recursos de radiofrequência, controlar os nós B, localizar o equipamento de usuário (EU) e gerenciar a mobilidade do usuário;

- **Nó B (Node B):** Conecta a interface aérea com a infraestrutura celular. É responsável por controlar os sinais de RF, realizar o espalhamento espectral dos códigos WCDMA, controlar os canais físicos e mapeá-los na portadora de RF.

O RNC se conecta com a rede de suporte (CN) através da interface Iu, com outro RNC através da interface Iur e possivelmente com outras BSCs da rede GERAN pela interface Iur-g. A rede GERAN (*GSM EDGE Radio Access Network*) é a rede até a geração 2.75, que inclui, portanto, GSM, GPRS e EDGE.

### Interface Iu

Conecta CN e UTRAN. Suas principais funções são:

- Interconectar o subsistema RNS com os pontos de acesso à rede CN dentro de uma PLMN, independente do fabricante desses componentes;
- Suportar todos os serviços UMTS;
- Permitir o interfuncionamento com o sistema GSM.

### Interface Iur

Permite a troca de informação de sinalização entre RNCs dentro de uma mesma UTRAN. Seus objetivos são :

- Suportar interconexões de RNCs de diferentes fabricantes;
- Separar as funcionalidades entre redes de RF e de transporte, para que novas tecnologias possam implementar mudanças nos dois aspectos de forma específica;
- Realizar o interfuncionamento entre as redes UTRAN e GERAN.

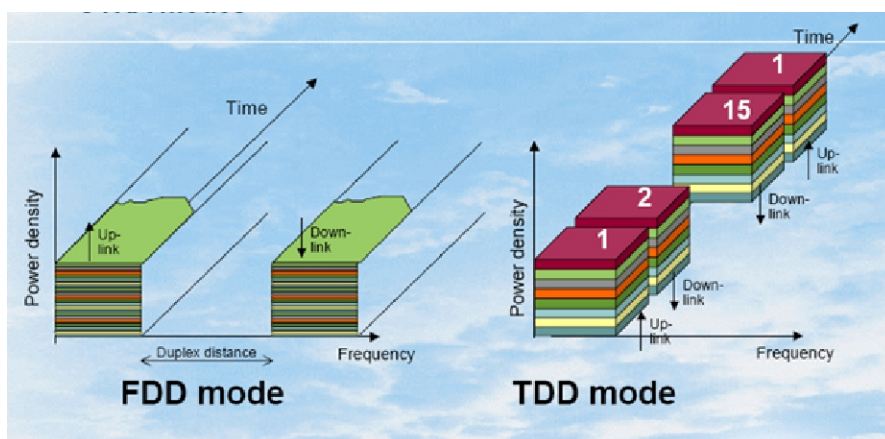
## WCDMA

A interface rádio Uu entre terminal do usuário e sua rede terrestre de acesso rádio (UTRAN) é baseada no Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA).

O WCDMA é um padrão de interface rádio, entre o terminal celular e a Estação Rádio Base, desenvolvido para o UMTS e padronizado pela UIT.

O WCDMA tem dois modos de operação:

- Frequency Division Duplex (FDD), no qual os enlaces de subida e descida utilizam canais de 5 MHz diferentes e separados por uma frequência de 190 MHz.
- Time Division Duplex (TDD), no qual o link de subida e descida compartilham a mesma banda de 5 MHz.
- O WCDMA utiliza como método de múltiplo acesso o CDMA de Sequência Direta (DS-SS), com os vários terminais compartilhando uma mesma banda de frequências mas utilizando códigos diferentes de espalhamento espectral.



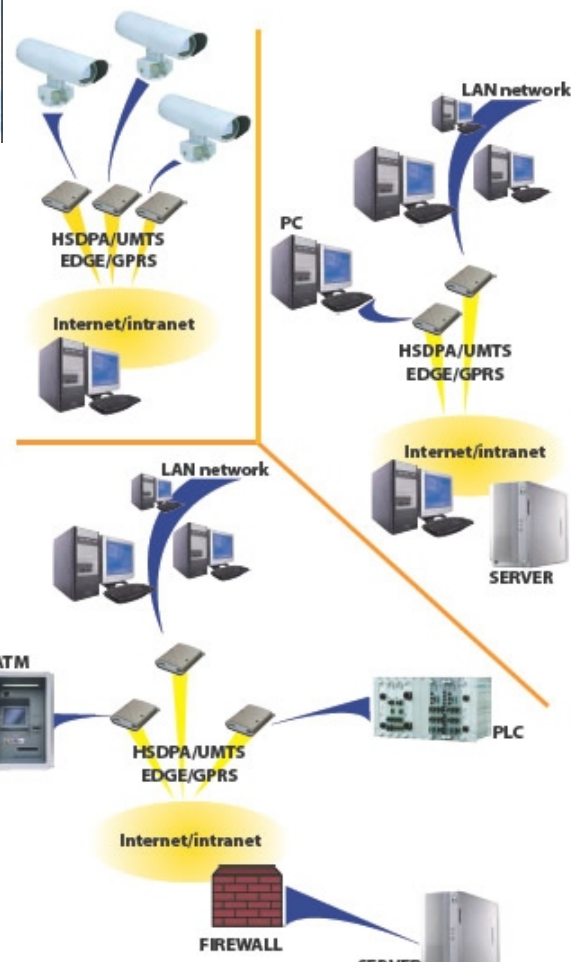
## HSPA

O padrão WCDMA permite oferecer taxa de dados de 384 kbit/s para redes de com grande cobertura. No entanto, quando se aumenta o uso dos serviços de dados e novos serviços são introduzidos, torna-se necessário fornecer maiores taxas de dados e maior capacidade de rede.

O padrão WCDMA apresenta um novo canal de transporte de *downlink*, entre a *Base Station* (BS) e o equipamento do usuário (*user equipment - UE*), que melhora o suporte a aplicações de alto desempenho para rede de pacotes. Essa implementação, que tem como sigla o HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*), é o primeiro passo na evolução do desempenho do WCDMA.

Apresenta também um canal de transporte de *uplink* conhecido como HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*), que disponibiliza taxas de transmissão de dados maiores, latência reduzida e maior capacidade de transporte de dados, possibilitando picos de transmissão de dados de até 5,8 Mbit/s.

Juntos os padrões HSDPA e HSUPA são conhecidos como HSPA (*High Speed Packet Access*).



# 4G

## LTE - Long Term Evolution, A Quarta Geração

Buscando-se soluções para tornar a transmissão de dados mais eficiente, ao mesmo tempo em que o volume desse tráfego encontra-se em ascensão, o padrão LTE (*Long Term Evolution*) foi proposto como o próximo passo rumo ao sistema móvel de 4ª Geração (4G), precedido pelas redes 2G e 3G. Seu desenvolvimento visa fornecer melhorias de desempenho, além de reduzir o custo por bit, o que possibilita uma maior disseminação de serviços móveis. Sua padronização está a cargo do 3GPP.

O sistema LTE adota a tendência para redes móveis de se basear no padrão IP, o protocolo principal da Internet. Com isso, o tráfego de voz será suportado principalmente através da tecnologia VoIP (*Voice over Internet Protocol*), possibilitando melhores integrações com serviços de multimídia. A tecnologia LTE já se coloca em meio à transição do uso da comutação de circuito para a comutação de pacotes no tráfego de voz.

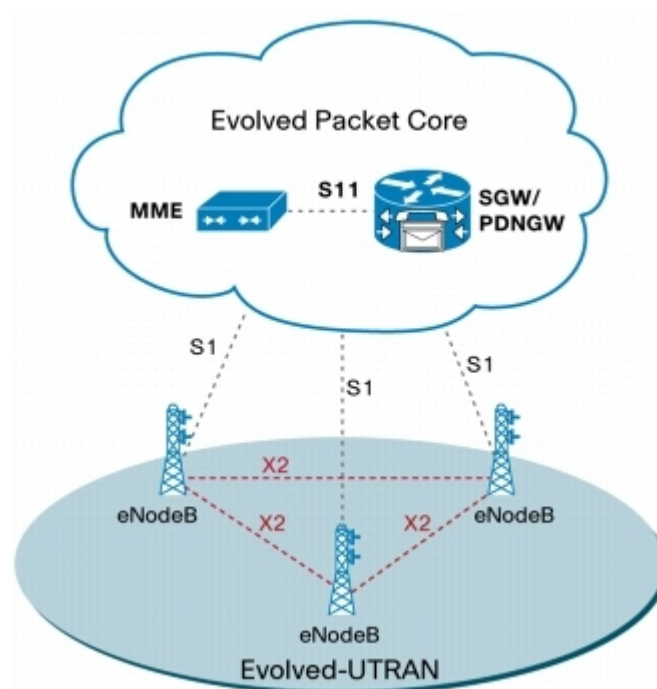
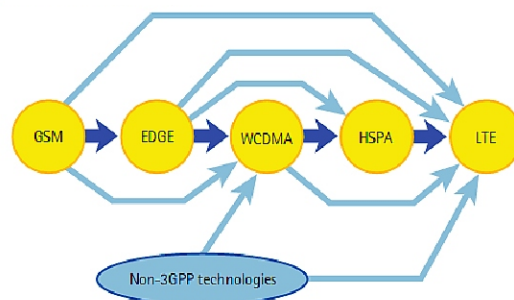
A compatibilidade com os sistemas anteriores é uma das exigências para uma tecnologia em termos de telefonia. Por esse aspecto, o LTE é compatível com as redes previamente estabelecidas, tanto as padronizadas pelo 3GPP como as demais.

### Tecnologia

Com o objetivo de oferecer velocidades maiores de transmissão de dados, a tecnologia LTE alcança taxas de 75 Mbit/s no *uplink* e até 300 Mbit/s no sentido de *downlink*.

Por basear-se no protocolo IP, com a transição de redes combinando comutação de circuito e pacotes, a arquitetura do sistema deve ser simples. No LTE, essa arquitetura é conhecida como *Evolved Packet Core* (EPC), caracterizada pela simplicidade e pela integração com demais redes baseadas no IP.

Outro ponto chave da tecnologia LTE diz respeito à automação de processos de rede, conhecida como *Self-Organizing Network* (SON). Essa característica permite que as redes possam configurar-se e sincronizar-se com redes adjacentes.



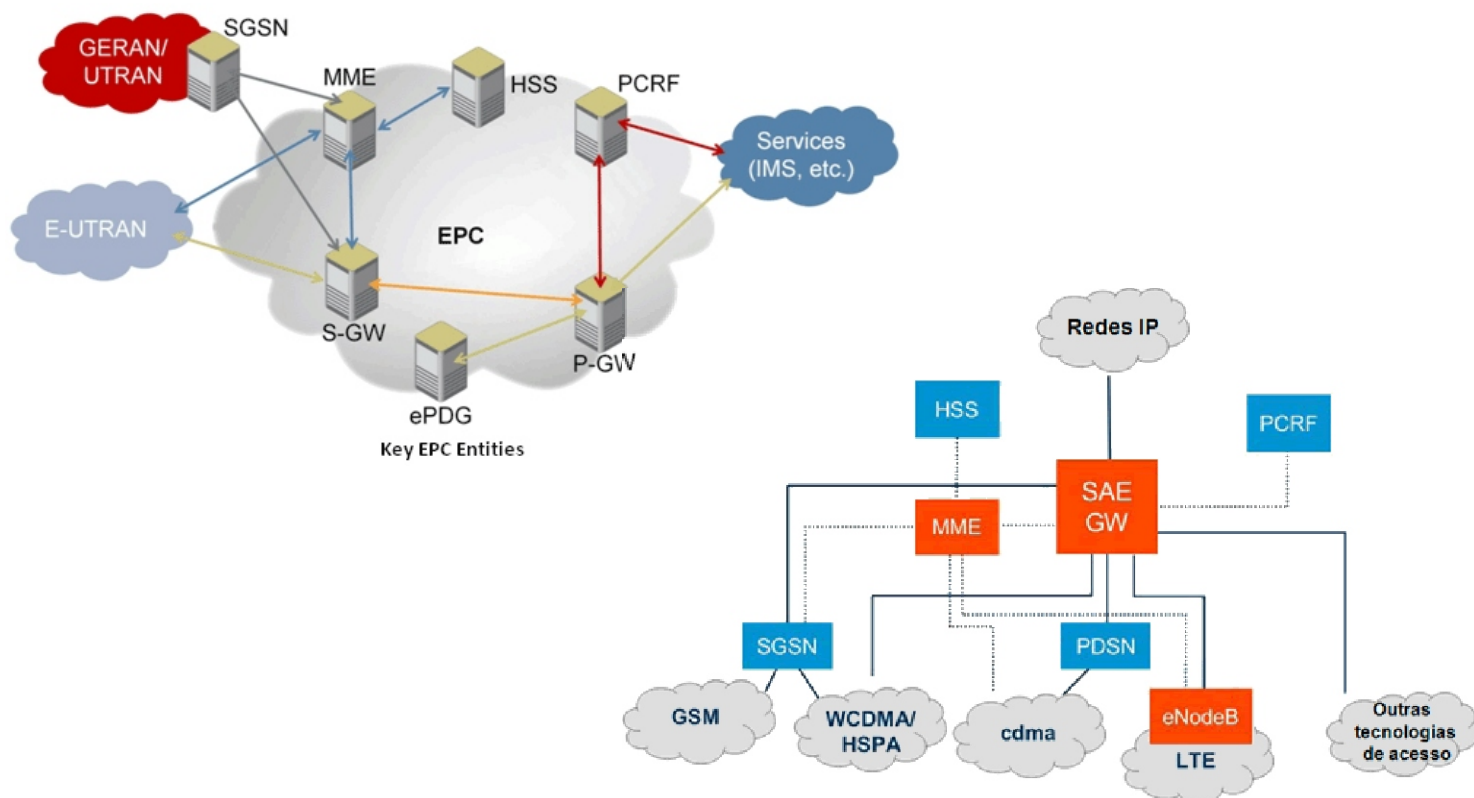
VELOCIDADE DE BANDA LARGA MÓVEL		
LTE		120 Mbps
WiMax		72 Mbps
3G (HSPA)		14 Mbps

 fonte: Teleco/WiMax Forum / 3GPP

## Arquitetura

Em paralelo com o acesso rádio LTE, os núcleos de rede em pacotes estão também evoluindo para a arquitetura SAE - *System Architecture Evolution* básica. Essa nova arquitetura é projetada para otimizar o desempenho de rede, reduzir os custos e facilitar a captura de serviços baseados em IP.

Existem somente dois nós no plano do usuário na arquitetura SAE: a estação rádio-base LTE (eNodeB) e o gateway SAE (SAE GW). As estações rádio-base LTE são conectadas ao núcleo da rede usando a interface RAN-núcleo da Rede (S1). Essa arquitetura plana reduz o número de nós envolvidos nas conexões.



Os sistemas 3GPP (GSM e WCDMA/HSPA) e 3GPP2 (CDMA2000 1xRTT, EV-DO) existentes são integrados ao sistema evoluído através de interfaces padronizadas fornecendo mobilidade otimizada com o LTE. Para os sistemas 3GPP, isso significa uma interface de sinalização entre o SGSN e o núcleo da rede evoluído e para 3GPP2, uma interface de sinalização entre CDMA RAN e o núcleo da rede evoluído. Tal integração suportará o *handover* dual e único, permitindo uma migração flexível para o LTE.

A sinalização de controle - por exemplo, para mobilidade - é feita pelo nó da MME - *Mobility Management Entity*, separada do gateway. Isso facilita a implantação otimizada da rede e permite a escalabilidade total da capacidade flexível.

O HSS - *Home Subscriber Server* conecta-se ao núcleo da rede de pacote por meio de uma interface baseada no protocolo *Diameter*, e não na sinalização SS7, conforme usada nas redes GSM e WCDMA anteriores. A sinalização de rede para controle de política e cobrança já está baseada no *Diameter*. Assim, todas as interfaces na arquitetura são interfaces IP.

Sistemas GSM e WCDMA/HSPA existentes são integrados ao sistema evoluído através de interfaces padronizadas entre o SGSN e o núcleo da rede evoluída. Espera-se que o esforço para integrar o acesso CDMA também leve à mobilidade transparente entre o CDMA e LTE. Tal integração suportará o *handover* de rádio dual e único, permitindo a migração flexível do CDMA para LTE.



## Respostas dos exercícios

1. Aparenta ocorrer um roaming, visto que as outras opções não procedem.
2. As células nas zonas rurais são bem maiores que nas regiões urbanas.
3. B.      4. A.      5. T P P T.
6.  
A. CCC ou MSC; ERBs ou BTS.  
B. Antenas; rádio transceptor.  
C. Direcionais; omnidirecionais.
7. A única anotação possível é a B.
8. B.      9. C.      10. Para integrar a rede celular à Internet.
11. GSM faz comutação de circuitos e GPRS faz comutação de pacotes.
12. BSC.
13. Da mesma forma que na geração 2G, do BSS à MSC.
14. Conforme texto na página 18.
15. BTS, BSC, VLR, HLR, AuC, EIR e outras bases de dados.
16. Para iniciar e controlar chamadas telefônicas em redes digitais.
17. É a separação dos sinais de controle e de voz durante uma chamada, permitindo que o tráfego de voz não seja afetado.